

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ
ด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดิน
Automated Mango Irrigation System
Using Soil Water Potential Measurement Technique

ภูมิพัฒน์ คำคำ^{1*}
 Phumiphat Kakham^{1*}

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดิน พลังงานความดันนี้เป็นค่าที่สะท้อนความต้องการดิ่งน้ำในดินของพืชซึ่งตรวจวัดด้วยอุปกรณ์วัดแรงดิ่งน้ำของดิน ระบบให้น้ำพัฒนาขึ้นบนแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน ประกอบเข้ากับอุปกรณ์วัดแรงดิ่งน้ำของดินจำนวนสองตัว และเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เฟิร์มแวร์ควบคุมการเริ่มให้น้ำต้นมะม่วงเมื่อปริมาณแสงธรรมชาติสูงกว่า 20,000 ลักซ์ และที่ระดับความลึก 1/4 และ 3/4 ของเขตชั้นรากมีค่าต่ำกว่า -25 กิโลปาสกาล (kPa) และ -10 กิโลปาสกาล ตามลำดับ โดยเครื่องสูบน้ำจะหยุดให้น้ำเมื่อค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ระดับความลึก 1/4 ของเขตชั้นรากมีค่าสูงกว่า -25 กิโลปาสกาล ระบบให้น้ำนี้ถูกนำไปทดสอบกับสวนมะม่วงของเกษตรกรที่ตำบลปากน้ำอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ในระหว่างวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2565 พบว่าในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. สามารถให้น้ำต้นมะม่วงได้อย่างอัตโนมัติจำนวน 8 ครั้ง คิดเป็นชั่วโมงทำงานร้อยละ 6.20 สามารถรักษาค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ระดับความลึก 1/4 ถึง 3/4 ของเขตชั้นรากให้อยู่ในช่วง -10 ถึง -30 กิโลปาสกาล ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 53.16 ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณน้ำเหมาะสมที่รากพืชสามารถดูดน้ำในดินไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

คำสำคัญ: ระบบให้น้ำพืช การวัดความชื้นของดิน อุปกรณ์วัดแรงดิ่งน้ำของดิน พลังงานความดันของน้ำในดิน

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

* Corresponding author e-mail: phumiphat@techno.rru.ac.th

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2025.v44i2.258678>

Received: 21 April 2023, Revised: 16 October 2024, Accepted: 6 November 2024

Abstract

This study presents an automated mango irrigation system based on soil water potential measurements. Soil water potential, which reflects the plant's water uptake needs, was measured using tensiometers. The irrigation system was developed on an Arduino-based platform and integrated with two tensiometers and a solar-powered water pump. The firmware was programmed to initiate watering when natural light exceeded 20,000 lux and the soil water potential fell below -25 kPa at 1/4 of the root zone depth and -10 kPa at 3/4 of the root zone depth. Watering ended when soil water potential at 1/4 of the root zone depth exceeds -25 kPa. The system was tested in a farmer's mango orchard in Pak Nam Subdistrict, Bang Khla District, Chachoengsao Province. This irrigation system was tested in a farmer's mango orchard in Pak Nam Subdistrict, Bang Khla District, Chachoengsao Province, between December 20, 2021, and January 11, 2022. Results showed that the system automatically irrigated the mango trees approximately 8 times per day between 8.00 AM and 4.00 PM, corresponding to 6.20% of operational hours. The soil water potential with 1/4 of the root zone depth was maintained between -10 and -30 kPa, with an average value of 53.16%. This range represents an optimal moisture level, allowing plant roots to efficiently absorb water from the soil.

Keywords: Irrigation, Soil moisture measurement, Tensiometer, Soil water potential

บทนำ

ภาคเกษตรกรรมถือเป็นภาคการผลิตที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ที่ผ่านมาเกษตรกรประสบปัญหาหลายด้าน เช่น การพัฒนาศักยภาพการผลิต การรักษาสีเขียวราคาสินค้า และการพัฒนาคุณภาพมาตรฐาน ผลผลิตทางการเกษตรราคาตกต่ำแต่ต้นทุนการผลิตสูง ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งเกิดจากสภาพความไม่แน่นอนของดิน ฟ้า อากาศ แหล่งน้ำ ภัยพิบัติธรรมชาติ และการระบาดของศัตรูพืช (ณัฐกิตติ์, 2563) น้ำเป็นผลิตผลจากธรรมชาติที่เราไม่สามารถผลิตเพิ่มขึ้นมาหรือลดปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติได้เองตามต้องการ (ปราโมทย์, 2557) น้ำเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินกิจกรรมขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากภาคบริการ ไฟฟ้า ประปา อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม การใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมสูงถึงร้อยละ 75 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด แต่สร้างมูลค่าเพิ่มได้ต่ำที่สุดเพียง 11 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (สมเกียรติ, 2565) ประเทศไทยมีพื้นที่แหล่งน้ำราว 9.37 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.92 ของเนื้อที่ประเทศ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนมากถึง 178.74 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 55.73 (ณัฐกิตติ์, 2563) การบริหารจัดการน้ำจึงเป็นนโยบายเร่งด่วนและมีความสำคัญระดับประเทศในระดับเกษตรซึ่งถือว่าเป็นกลไกสำคัญที่สามารถบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำ

เกษตรแม่นยำสามารถพัฒนาได้ง่ายขึ้น ด้วยพัฒนาการทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ ยังผลให้นักวิจัยสามารถพัฒนาระบบเกษตรแม่นยำที่มีคุณลักษณะตามความต้องการ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานและราคาประหยัด ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยด้านระบบเกษตรแม่นยำหรือระบบเกษตรอัจฉริยะอย่างกว้างขวาง เช่น การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะที่ออกแบบใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจากแอปพลิเคชันบลิงก์ (blynk application) ร่วมกับโนดเอ็มซียู (NodeMCU) (พรทิพย์ และคณะ, 2565) ระบบควบคุมประตุน้ำแบบอัตโนมัติที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอินโนเชื่อมต่อแบบไร้สายกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน และสามารถควบคุมระยะไกลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Pramanik *et al.*, 2022) ระบบชลประทานอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งพัฒนาด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอินทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Akhter *et al.*, 2022) ระบบรดน้ำพืชอัตโนมัติด้วยสมาร์ตโฟนผ่านเน็ตพาย (NETPIE) ซึ่งประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 (กรณิการ์, 2563) เป็นต้น

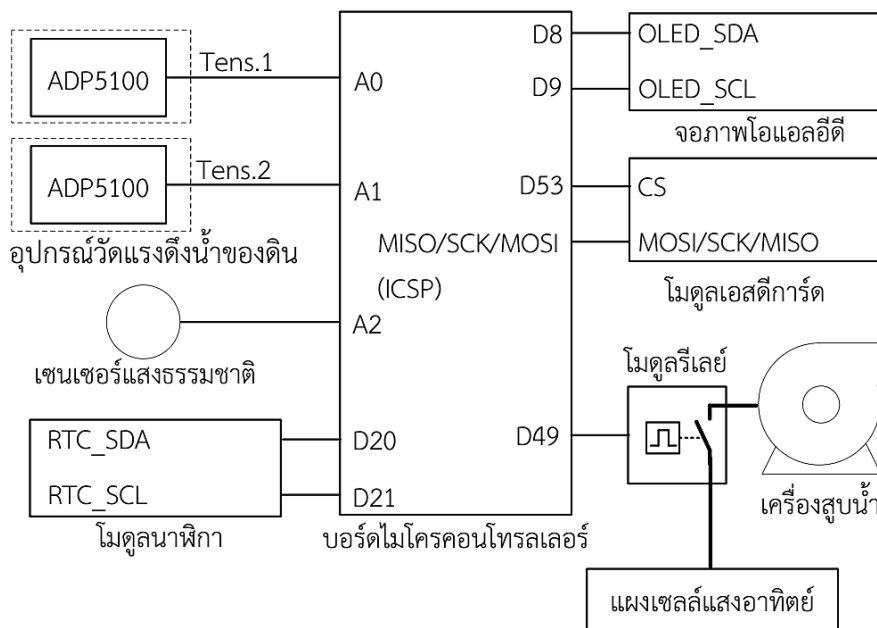
การให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติเป็นส่วนหนึ่งของเกษตรแม่นยำ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ อาศัยเวลา ความชื้นของดิน อัตราคายระเหย และตามความต้องการพืช (เสกสรรค์ และเกสร, 2565) การประเมินความต้องการน้ำของพืช โดยแบ่งสภาพดินตามค่าแรงดันน้ำของดินออกเป็น 5 ช่วง คือ ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (0 กิโลปาสกาล) ดินแฉะ (0 ถึง -10 กิโลปาสกาล) ดินเปียก (-10 ถึง -30 กิโลปาสกาล) ดินแห้ง (-30 ถึง -50 กิโลปาสกาล) และดินแห้งมาก (น้อยกว่า -50 กิโลปาสกาล) โดยสภาพดินเปียกเป็นดินที่เหมาะสมที่รากพืชสามารถดูดน้ำในดินไปใช้งานได้ง่ายและได้ในปริมาณที่เป็นประโยชน์ บริเวณรากมีอากาศถ่ายเทเพียงพอ (สุนทรี และคณะ, 2560) งานวิจัยนี้นำเสนอระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดิน จัดอยู่ในกลุ่มของระบบการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติ โดยจะรักษาระดับแรงดันน้ำของดินให้อยู่ในช่วง -10 ถึง -30 กิโลปาสกาล ทั้งนี้วิธีการดังกล่าวเป็นเทคนิคการวัดและควบคุมการให้น้ำที่ง่ายเมื่อเทียบกับวิธีอื่น และให้ความเชื่อมั่นได้ในการประหยัดน้ำ (Rajan *et al.*, 2016)

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดินที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิน เมกา 2560 (arduino mega 2560) เซนเซอร์ความดัน เซนเซอร์แสงธรรมชาติ โมดูลนาฬิกา (clock module) จอภาพโอแอลอีดี (OLED display) โมดูลเอสดีการ์ด (SD card module) โมดูลรีเลย์ (relay module) เครื่องสูบน้ำ และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดิน

ผังวงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับบอร์ดอาดูอิน เมกา 2560 แสดงดังภาพที่ 1 เซนเซอร์ความดัน (ADP5100) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดิน จำนวน 2 ตัว และเซนเซอร์แสงธรรมชาติ จำนวน 1 ตัว ต่อกับช่องรับสัญญาณแอนะล็อก A0 ถึง A2 ตามลำดับ โมดูลนาฬิกาต่อกับพอร์ตดิจิตัล D20 และ D21 จอภาพโอแอลอีดีแสดงข้อมูลวันเวลาและค่าแรงดันน้ำของดินต่อกับพอร์ตดิจิตัล D8 และ D9 โมดูลเอสดีการ์ดต่อขาสัญญาณ CS MOSI SCK และ MISO กับพอร์ตดิจิตัล D53 และพอร์ต ICSP ตามลำดับ โมดูลรีเลย์ถูกสั่งงานผ่านพอร์ตดิจิตัล D49 เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

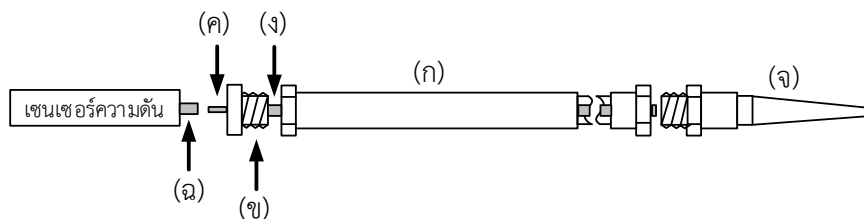
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโน เมกา 2560 มีพอร์ตแอนะล็อกความละเอียด 10 บิต รับแรงดันไฟฟ้าอินพุต 0 ถึง 5 โวลต์ จำนวน 16 ช่อง พอร์ตดิจิทัลอินพุต/เอาต์พุต จำนวน 64 ช่อง และมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 256 กิโลไบต์ (KB) เซนเซอร์แสงธรรมชาติแบบแอนะล็อกที่ใช้โฟโตไดโอด (photodiode) BPW21 ต่อขนาดด้วยตัวต้านทานขนาด 1.3 กิโลโอห์ม มีความไว (sensitivity) 166 มิลลิโวลต์ต่อลักซ์ โมดูลนาฬิกา DS3231 มีความแม่นยำ ± 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ณ ช่วงอุณหภูมิ 0-40 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 แผนภาพส่วนประกอบของระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ

1. อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดิน

อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินใช้กำหนดการให้น้ำหรือหยุดรดน้ำ ประกอบขึ้นจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ยาว 900 มิลลิเมตร ด้านหัวและท้ายของท่อต่อเข้ากับข้อต่อเกลียวใน (ภาพที่ 2 (ก)) ส่วนปลายท่อด้านหนึ่งเป็นตัวยึดท่อแบบเกลียวนอก (ภาพที่ 2 (ข)) เจาะรูทะลุใส่ท่อพลาสติก (ใส่ปากกา) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2 (ค)) สายยางซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 2 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 4 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร สวมประกอบเข้ากับท่อพลาสติก (ภาพที่ 2 (ง)) กระเปาะพรุนดินขาวเป็นส่วนที่ดัดแปลงจากอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ (ภาพที่ 2 (จ)) เป็นทางผ่านเข้าออกของน้ำในท่อจึงทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศภายในท่อที่แสดงปริมาณความชื้นในดินที่อยู่ในรูปของพลังงานความดันของน้ำในดิน เซนเซอร์ความดันจะถูกต่อเข้ากับท่อพลาสติกด้วยสายยางซิลิโคน (ภาพที่ 2 (ฉ)) เพื่อส่งแรงดันไฟฟ้าในฟังก์ชันของพลังงานความดันของน้ำในดินไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโน



ภาพที่ 2 ผังการประกอบอุปกรณ์วัดแรงตึงน้ำของดิน ประกอบด้วย ท่อพีวีซี (ก) ตัวอุดท่อแบบเกลียวนอก (ข) ใส่ปากกา (ค) สายยางซิลิโคน (ง) กระเปาะพรมดินขาว (จ) และสายยางซิลิโคน (ฉ)

เซนเซอร์ความดันเบอร์ ADP5100 วัดความดันช่วง ± 100 กิโลปาสกาล มีความแม่นยำโดยรวมร้อยละ ± 1.25 ของค่าเต็มสเกล (%FS) ณ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 5 โวลต์ ให้แรงดันไฟฟ้าในฟังก์ชันของความดัน 500 ± 5 มิลลิโวลต์ ที่ความดัน -100 กิโลปาสกาล และ $2,500 \pm 5$ มิลลิโวลต์ ที่ความดัน 0 กิโลปาสกาล (Panasonic industry, 2023) ดังนั้นความดันผิดพลาดของเซนเซอร์ความดันจะมีค่า ± 0.25 กิโลปาสกาล ความไวของเซนเซอร์เป็นแบบเชิงเส้นดังภาพที่ 3 การคำนวณความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับความดันด้วยสมการ (1)

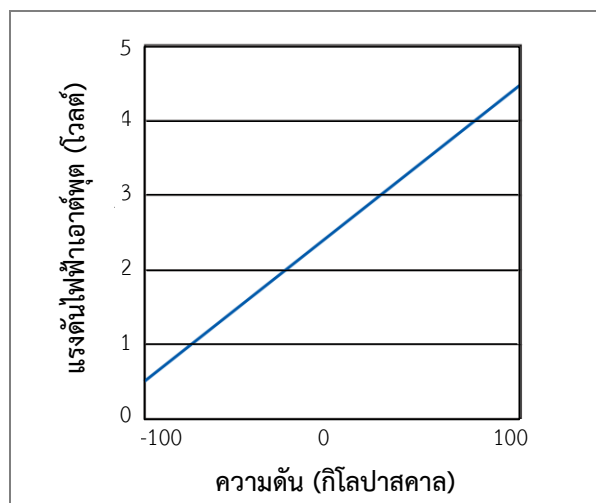
$$V = mP + b \quad (1)$$

กำหนดให้ V คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

P คือ ความดัน

m คือ ความชัน โดยที่ $m = \Delta V / \Delta P = (2,500 - 500) / (0 - (-100)) = 20$

b คือ จุดตัดแกนของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ณ ความดัน 0 กิโลปาสกาล



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของเซนเซอร์ความดัน ที่มา: Panasonic industry (2023)

จากภาพที่ 3 มีค่า 2,500 มิลลิโวลต์ ดังนั้นความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับความดัน

$$V = 20P + 2,500 \quad (2)$$

จะได้สมการ (3) สำหรับคำนวณความดันซึ่งเป็นค่าพลังงานความดันของน้ำในดิน คือ

$$P = \frac{V - 2,500}{20} \quad (3)$$

2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แหล่งจ่ายไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ

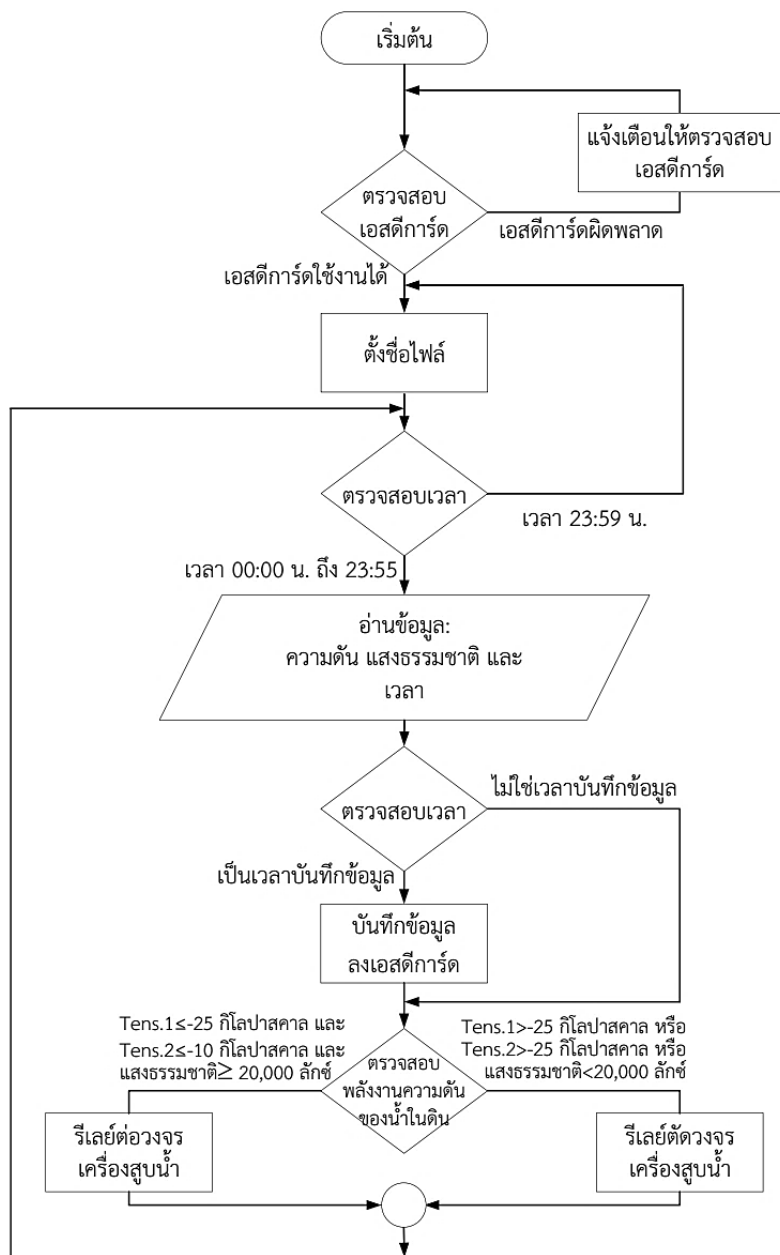
แบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 180 วัตต์ สูบน้ำได้ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 200 วัตต์ 18.6 โวลต์ (operating voltage)

2.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุม

ได้แก่ บอร์ดอาดูโน เมกา 2560 เซนเซอร์ และอุปกรณ์ประกอบ เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ ประจุพลังงานผ่านตัวควบคุม การประจุลงแบตเตอรี่ตะกั่วกรด 12 โวลต์ 5.5 แอมป์ชั่วโมง แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกติดตั้งเอียง 15 องศา หันหน้าแผงไปด้านทิศใต้เพื่อให้มีโอกาสรับแสงอาทิตย์ได้ในช่วงกลางวัน

3. รายละเอียดด้านเฟิร์มแวร์

เฟิร์มแวร์ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติมีผังงานดังภาพที่ 4 ประกอบด้วย ฟังก์ชันตรวจสอบเอสดีการ์ด ตั้งชื่อไฟล์และตรวจสอบเวลา อ่านค่าเซนเซอร์ความดันและแสงธรรมชาติ บันทึกข้อมูล และฟังก์ชันควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องสูบน้ำจะทำงานเมื่ออุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 1 (Tens.1) อ่านค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -25 กิโลปาสคาล และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 2 (Tens.2) อ่านค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 กิโลปาสคาล และปริมาณแสงธรรมชาติสูงกว่า 20,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นระดับขั้นต่ำ ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าที่เพียงพอสำหรับเครื่องสูบน้ำ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเก็บบันทึกวัน เวลา ค่าพลังงานความดันของน้ำในดิน ปริมาณแสงธรรมชาติ และสถานการณ์ทำงานของเครื่องสูบน้ำ ไฟล์ข้อมูลเป็นไฟล์รายวัน และบันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 นาที ในช่วงเวลา 00.00 น. ถึง 23.55 น.

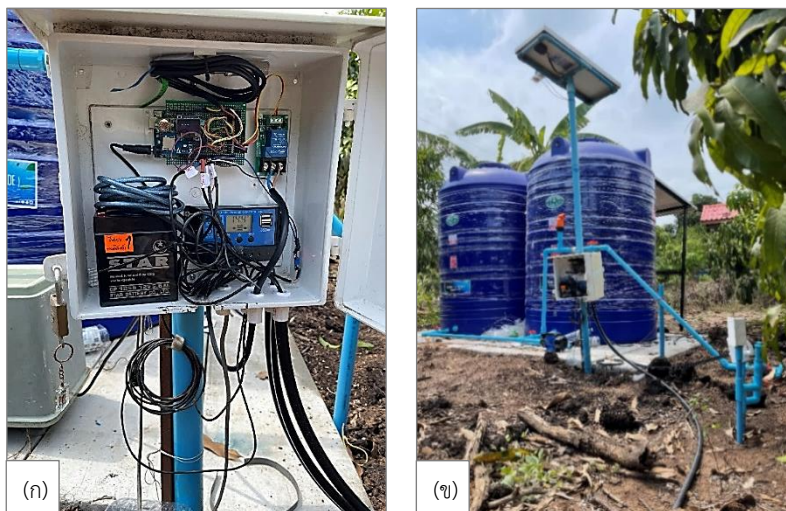


ภาพที่ 4 การทำงานของระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ

4. การติดตั้งระบบให้น้ำอัตโนมัติ

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติถูกติดตั้งทดสอบในสวนมะม่วง ตำบลปากน้ำ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในสวน โดยหน่วยงานรับตรวจวิเคราะห์ดินแห่งหนึ่ง พบว่าเนื้อดินจัดอยู่ในประเภทเหนียว ประกอบด้วยอนุภาคของทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 14 31 และ 55 ตามลำดับ อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินถูกฝังห่างจากโคน

ต้นมะม่วงประมาณ 90 เซนติเมตร เขตชั้นรากของมะม่วงมีความลึกประมาณ 90 เซนติเมตร อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 1 ถูกฝังให้ลึกจากผิวดิน 22.5 เซนติเมตร หรือระดับ 1/4 ของเขตชั้นราก และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 2 ถูกฝังให้ลึกจากผิวดิน 67.5 เซนติเมตร หรือระดับ 3/4 ของเขตชั้นราก



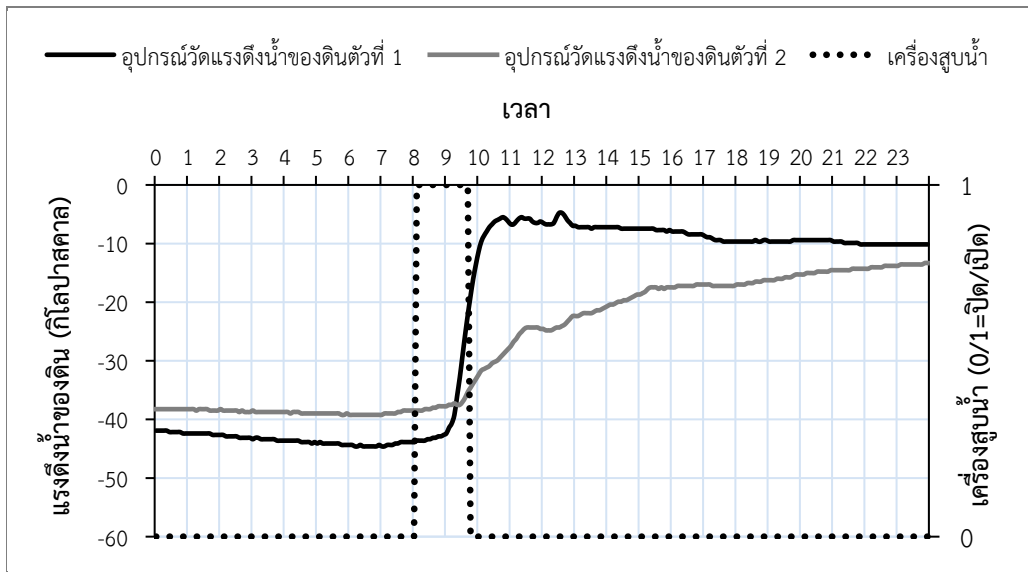
ภาพที่ 5 แผงวงจรระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ (ก) และระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ (ข)

ผลการวิจัย

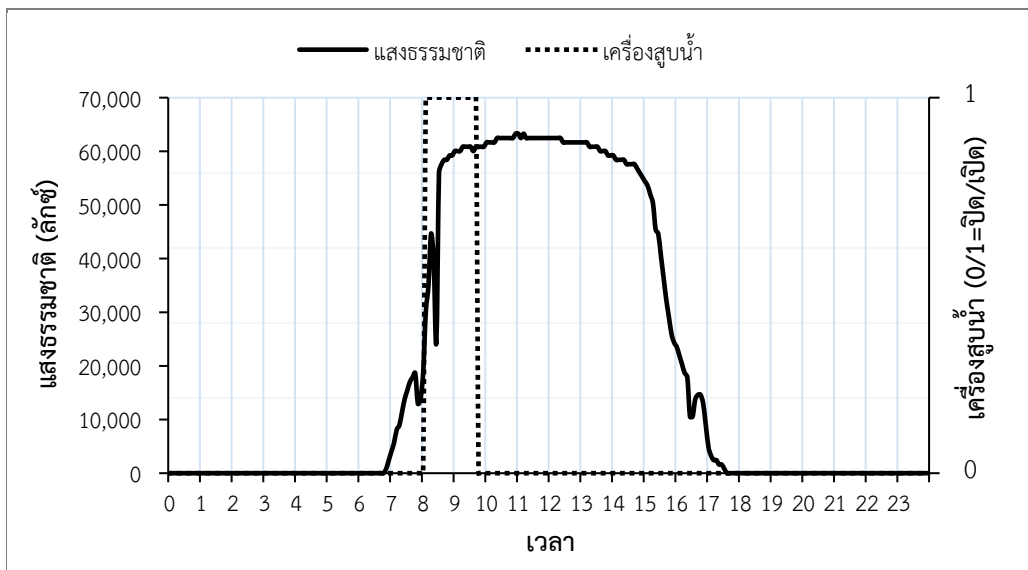
ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติทำงานด้วยเฟิร์มแวร์ที่มีผังงานดังภาพที่ 4 ถูกทดสอบเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 พบว่าระบบสามารถเริ่มให้น้ำต้นมะม่วงเมื่ออุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 1 วัดค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้ต่ำกว่า -25 กิโลปาสกาล และเครื่องวัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ 2 วัดค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้ต่ำกว่า -10 กิโลปาสกาล และปริมาณแสงธรรมชาติมากกว่า 20,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้

ข้อมูลการทดสอบเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 พบว่าแสงธรรมชาติเริ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 06.50 น. แม้ว่าระดับพลังงานความดันของน้ำในดินที่ความลึก 1/4 และ 3/4 ของเขตชั้นรากมีค่าต่ำกว่า -30 กิโลปาสกาล ซึ่งแสดงว่าดินโดยรอบกระเปาะพรุนดินขาวมีสภาพแห้ง แต่เครื่องสูบน้ำยังไม่ทำงานเนื่องจากแสงธรรมชาติอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 20,000 ลักซ์ เมื่อปริมาณแสงธรรมชาติเพิ่มขึ้นโดยลำดับ จนกระทั่งเวลา 08.05 น. ปริมาณแสงธรรมชาติเริ่มมีค่ามากกว่า 20,000 ลักซ์ ระบบจึงเริ่มให้น้ำแก่ต้นมะม่วง ในขณะนั้นพลังงานความดันของน้ำในดินที่ระดับความลึก 1/4 ของเขตชั้นราก มีค่า -43.62 กิโลปาสกาล และระดับ 3/4 ของเขตชั้นรากมีค่า -38.49 กิโลปาสกาล น้ำจะไหลซึมลงไปในพื้นที่ดินถึงระดับความลึก 1/4 ของเขตชั้นรากก่อน จึงทำให้เส้นโค้งพลังงานความดันของน้ำในดินมีความชันมากกว่าเส้นโค้งพลังงานความดันของน้ำในดินที่ความลึก 3/4 ของเขตชั้นราก เครื่องสูบน้ำทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 35 นาที (08.05 น. ถึง 09.40 น.) แล้วหยุดทำงานเมื่อค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ความลึก 1/4 เพิ่มขึ้นกระทั่งมีค่าสูงกว่า -25 กิโลปาสกาล หลังจากนั้นน้ำจึงไหลซึม

ลงไปในพื้นที่ดินถึงระดับ 3/4 ของเขตชั้นราก ทำให้มีค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ -25 กิโลปาสกาล โดยใช้เวลาอีก 1 ชั่วโมง 40 นาที (09.40 น. ถึง 11.20 น.) ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7



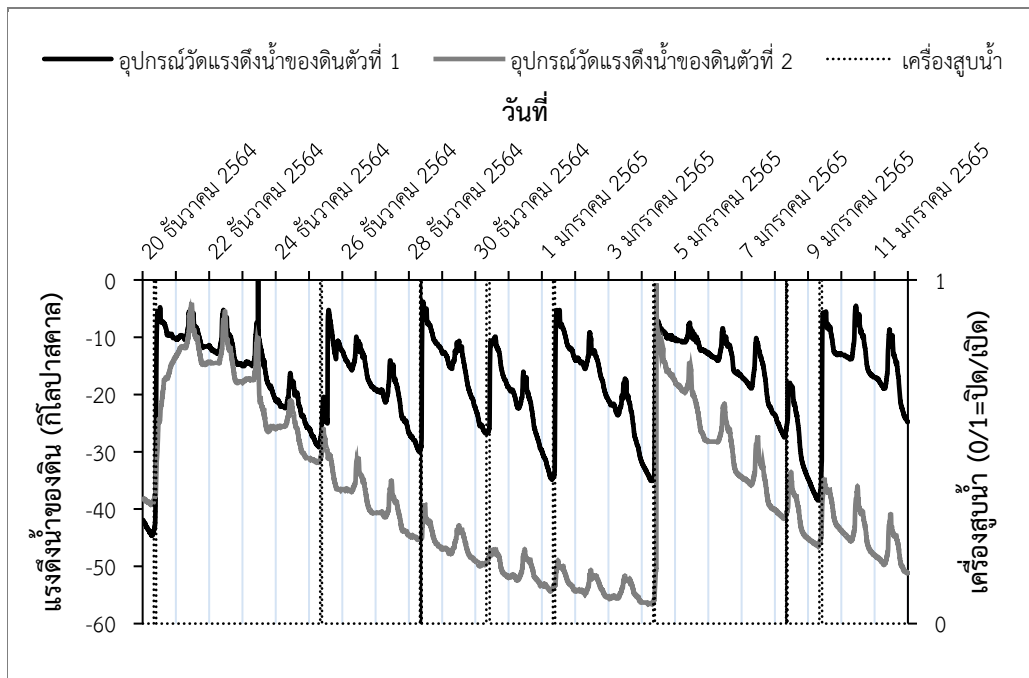
ภาพที่ 6 การทำงานของระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติ เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564



ภาพที่ 7 แสงธรรมชาติและสถานะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นถูกทดสอบระหว่างวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2565 ได้ข้อมูลพลังงานความดันของน้ำในดินและการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ดังภาพที่ 8 เส้นกราฟแสดงถึงการตอบสนองของระบบที่มีต่อการสูญเสียในดินเมื่อพืช

ดึงน้ำไปใช้และการระเหยตามธรรมชาติ เครื่องสูบน้ำจะทำงานเมื่อค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ระดับความลึก 1/4 ของเขตชั้นรากมีระดับพลังงานความดันมากกว่า -25 กิโลปาสคาล และที่ระดับความลึก 3/4 ของเขตชั้นรากมีระดับพลังงานความดันต่ำกว่า -10 กิโลปาสคาล ระหว่างการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 23 วันดังกล่าวข้างต้น พบว่าเครื่องสูบน้ำทำงานจำนวน 8 ครั้ง รวมเวลาได้ 11 ชั่วโมง 25 นาที คิดเป็นชั่วโมงทำงานร้อยละ 6.20 ของเวลากลางวันในช่วงที่ทำการทดสอบ



ภาพที่ 8 กราฟพลังงานความดันของน้ำในดินและสถานการณ์ทำงานของเครื่องสูบน้ำ

รายละเอียดสภาพดินบริเวณต้นมะม่วงที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินที่จำแนกตามค่าพลังงานความดันของน้ำในดิน จากข้อมูลการทดสอบในระหว่างวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2565 เฉพาะช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. พบว่าดินที่ระดับความลึก 1/4 ของเขตชั้นรากมีสภาพเป็นดินแฉะร้อยละ 15.98 ดินเปียกร้อยละ 77.11 และดินแห้งร้อยละ 6.91 สำหรับดินที่ระดับความลึก 3/4 ของเขตชั้นรากมีสภาพเป็นดินแฉะร้อยละ 1.64 ดินเปียกร้อยละ 29.21 ดินแห้งร้อยละ 49.86 และดินแห้งมากร้อยละ 19.29 โดยเฉลี่ยดินมีสภาพเปียกร้อยละ 53.16 และรองลงมามีสภาพดินแห้งเฉลี่ยร้อยละ 28.38 ดังข้อในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพลังงานความดันของน้ำในดินและสภาพของดินบริเวณต้นมะม่วง

พลังงานความดันของน้ำในดิน (สภาพของดิน)	ระดับความลึก (ร้อยละ)		
	ระดับ 1/4 ของเขตชั้นราก	ระดับ 3/4 ของเขตชั้นราก	ค่าเฉลี่ย
0 ถึง -10 กิโลปาสกาล (ดินแฉะ)	15.98	1.64	8.81
น้อยกว่า-10 ถึง -30 กิโลปาสกาล (ดินเปียก)	77.11	29.21	53.16
น้อยกว่า-30 ถึง -50 กิโลปาสกาล (ดินแห้ง)	6.91	49.86	28.38
น้อยกว่า-50 กิโลปาสกาล (ดินแห้งมาก)	0	19.29	9.64

การอภิปรายผลการวิจัย

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถให้น้ำและรักษาค่าพลังงานความดันของน้ำในดินที่ระดับความลึก 1/4 ถึง 3/4 ของเขตชั้นรากให้อยู่ในช่วง -10 ถึง -30 กิโลปาสกาล เฉลี่ยร้อยละ 53.16 ของช่วงเวลากลางวันในระหว่างวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2565 ระบบให้น้ำอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในดินได้เมื่ออุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ฝังดินที่ระดับความลึก 1/4 อ่านค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -25 กิโลปาสกาล และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินตัวที่ฝังดินที่ระดับความลึก 3/4 อ่านค่าพลังงานความดันของน้ำในดินได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 กิโลปาสกาล และปริมาณแสงธรรมชาติสูงกว่า 20,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ออกแบบเฟิร์มแวร์ ตลอดระยะเวลาการทดสอบจำนวน 23 วัน ระบบให้น้ำต้นมะม่วงจำนวน 8 ครั้ง ซึ่งรวมเวลาที่เครื่องสูบน้ำทำงานได้ 11 ชั่วโมง 25 นาที หรือคิดเป็นชั่วโมงทำงานร้อยละ 6.20 ของเวลากลางวันในช่วงทำการทดสอบ ระบบให้น้ำอัตโนมัติที่ใช้เทคนิคดังกล่าวยังให้ความเชื่อมั่นว่าช่วยประหยัดน้ำ (Rajan *et al.*, 2016) และให้น้ำในปริมาณที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด เมื่อควบคุมค่าพลังงานความดันของน้ำในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง -10 ถึง -30 กิโลปาสกาล (สุนทร และคณะ, 2560) โดยภาพรวมแล้วระบบให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติยังช่วยทำให้เกิดความยั่งยืนและลดผลกระทบ 3 ด้าน คือ ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การปกป้องระบบนิเวศน์ การอนุรักษ์น้ำ และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ด้านเศรษฐกิจ เช่น การลดต้นทุนบริหารจัดการ การเพิ่มผลผลิต และการประหยัดค่าน้ำ เป็นต้น และด้านสังคม เช่น การใช้ที่ดินอย่างคุ้มค่าโดยให้ผลผลิตสูงทำให้เกิดความมั่นคงทางอาหาร (Obaideen *et al.*, 2022)

สรุปผลการวิจัย

ระบบให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดินถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน เมกา 2560 เป็นตัวประมวลผลข้อมูลความชื้นในดินที่อยู่ในรูปของพลังงานความดันของน้ำในดิน ฟังก์ชันการให้น้ำต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติอาศัยอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของดินและเซนเซอร์แสงธรรมชาติ เป็นสัญญาณอินพุตให้ตัวประมวลผลสั่งงานเครื่องสูบน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ การทดสอบระบบพบว่าระบบให้น้ำอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่ออกแบบเฟิร์มแวร์ไว้ โดยจะรักษาระดับแรงดันน้ำของดินให้อยู่ในช่วง -10 ถึง -30 กิโลปาสกาลที่ระดับความลึก 1/4 ถึง 3/4 ของเขตชั้นรากโดยเฉลี่ยร้อยละ 53.16 มีสภาพเป็นดินเปียกซึ่งมี

ปริมาณน้ำที่เพียงพอที่รากพืชสามารถดูดน้ำในดินไปใช้ได้ ในช่วงเวลา 23 วัน ที่ทำการทดสอบพบว่า เครื่องสูบน้ำทำงานเพียงร้อยละ 6.20 ของเวลากลางวันในช่วงที่ทำการทดสอบ ดังนั้นระบบให้น้ำ ต้นมะม่วงแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการวัดพลังงานความดันของน้ำในดินจึงสามารถนำไปใช้ในการรดน้ำ ต้นมะม่วงได้ โดยใช้น้ำอย่างประหยัด และให้น้ำเพียงพอต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ของต้นมะม่วง

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นผลการวิจัยส่วนหนึ่งของการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบเกษตรแม่นยำเพื่อเพิ่มผลผลิตมะม่วงที่ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- กรนิการ์ มุลโพธิ์. (2563). ระบบรดน้ำพืชอัตโนมัติด้วยสมาร์ตโฟนโดยใช้ NETPIE. *Engineering Transactions*, 23(1), 58-66.
- ณัฐฤทธิศัพท์ ปัทมะ. (2563). การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะของประเทศไทย. *สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา*, 10(9), 1-19.
- ปราโมทย์ ไม่กล้าด. (2557). *ทางออกการบริหารจัดการน้ำของไทย*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2566, จาก: <https://tdri.or.th/water/thaipublica20140309/>.
- พรทิพย์ กัญญา ฐิติรัตน์ สีสมาน กฤตณัย เจียมเกาะ ปฏิพัทธ์ สีคำแสน ปภาณ ไชยสงคราม พิพัฒน์ ไกลมณี และอุมาพร บ่อพิมาย. (2565). การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะ. *Industrial Technology Journal*, 7(1), 33-45.
- สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์. (2565). *คิติกกำลังสอง: ปรับสู่เกษตรแม่นยำ...ใช้น้ำสร้างมูลค่า*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2566, จาก: https://tdri.or.th/2022/04/thinkx_445/.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์ พรชัย ไพบูลย์ และพรณิ ชื่นนคร. (2560). *เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2566, จาก: <https://www.cab.kps.ku.ac.th/plantbiophysics/pdf/60TensiometerSimpleExplain.pdf>.
- เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต และเกสร กาลจิตร์. (2565). *ระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2566, จาก: <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/automatic-watering-system.html>.
- Akhter, M.O., Shaukat, F., Husain, N. and Arfeen, Z.A. (2022). Exposure to auto-irrigation system of Pakistan using solar PV power. *Journal of Xi'an Shiyu University, Natural Science Edition*, 18(7), 318-323.
- Obaideen, K., Yousef, B.A.A., AlMallahi, M.N., Tan, Y.C., Mahmoud, M., Jaber, H. and Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7, 100124, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124>.
- Panasonic industry. (2023). *Pressure sensor*. Retrieved 16 October 2024, from: <https://industrial.panasonic.com/cdbs/www-data/pdf/ADE8000/ast-ind-266903.pdf>.

- Pramanik, M., Khanna, M., Singh, M., Singh, D.K., Sudhishri, S., Bhatia, A. and Ranjan, R. (2022). Automation of soil moisture sensor-based basin irrigation system. *Smart Agricultural Technology*, 2, 100032, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100032>.
- Rajan, B., Sanjay, A. and Chew, C.C. (2016). Improving irrigation water productivity using tensiometers. *Journal of Soil and Water Conservation*, 15(2), 120-124.